永久磁石同期モータのベクトル制御
RX23T 実装編

R01AN2955JJ0100
Rev.1.00
2015/9/25

要旨

本アプリケーションノートは RX23T マイクロコントローラを使用し、永久磁石同期モータをベクトル制御で駆動するサンプルプログラム及び開発支援ツール「In Circuit Scope」のライブラリ使用方法について説明することを目的としています。

サンプルプログラムはあくまで参考用途であり、弊社がこの動作を保証するものではありません。サンプルプログラムを使用する場合、適切な環境で十分な評価をしたうえで御使用下さい。

動作確認デバイス

サンプルプログラムの動作確認は下記のデバイスで行っております。

・RX23T(R5F523T5ADFM)

対象サンプルプログラム

本アプリケーションノートの対象サンプルプログラムを下記に示します。

RX23T_RSSK2LV_SPM_LESS_FOC_CSP_V100

RX23T 搭載 24V 系モータ制御評価システム向け RX23T センサレスベクトル制御サンプルプログラム

参考資料

・RX23T グループ　ユーザーズマニュアル　ハードウェア編 (R01UH0520JJ0100)

・永久磁石同期モータのベクトル制御(アルゴリズム編) (R01AN2154JJ0100)

・In Circuit Scope 取扱説明書

ダウンロードサイト：http://www.desktoplab.co.jp/download.html

・RX23T 搭載 24V 系モータ制御評価システム取扱説明書

目次

1. 概説 3
2. システム概要 4
3. 制御プログラム説明 10
4. 開発支援ツール「In Circuit Scope」 36

1. 概説

本アプリケーションノートでは、RX23T マイクロコントローラを使用した永久磁石同期モータ(PMSM)のベクトル制御サンプルプログラムの実装方法及び開発支援ツール「In Circuit Scope」注1(以降、ICS)のライブラリ使用方法について説明します。なお、このサンプルプログラムは「永久磁石同期モータのベクトル制御(アルゴリズム編)」のアルゴリズムを使用しています。

1.1 開発環境

本アプリケーションノート対象サンプルプログラムの開発環境を表 1-1 に示します。

表 1-1 サンプルプログラムの開発環境

マイコン	評価ボード	モータ	CS+バージョン
R5F523T5ADFM	RX23T 搭載 24V 系モータ制御評価システム 注1	TG-55L(24V)注2	V3.01.00

【注】 1. RX23T 搭載 24V 系モータ制御評価システム(RTK0EM0005S01001BJ)は、
本アプリケーションノートリリース時点で未発売です。スケジュールについては、
弊社営業もしくは特約店にお問い合わせください。

2. TG-55L は、ツカサ電工株式会社の製品です。
ツカサ電工株式会社(http://www.tsukasa-d.co.jp/)

2. システム概要

本システムの概要を以下に説明します。

2.1 ハードウェア構成

ハードウェア構成を次に示します。

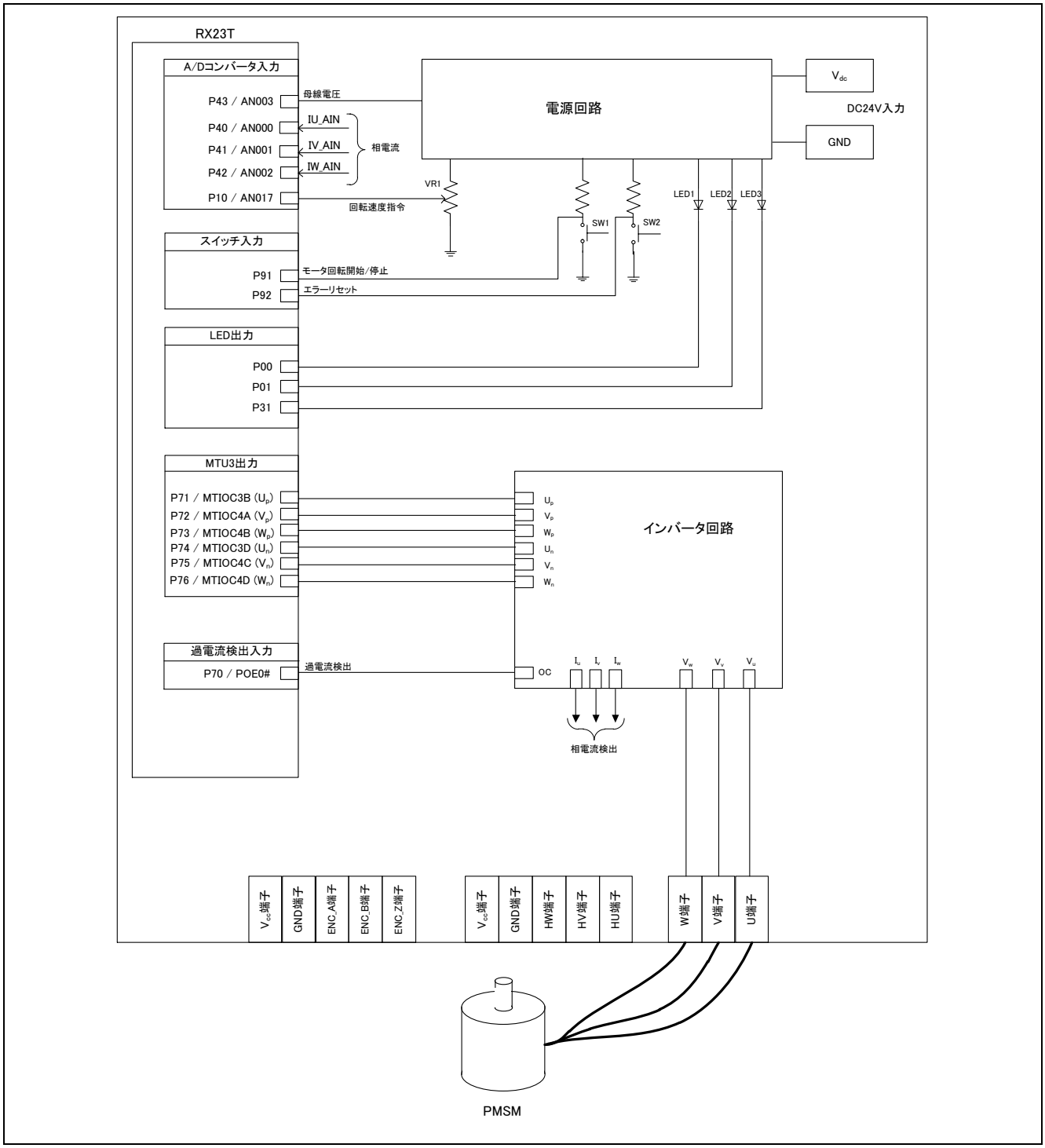


図 2-1 ハードウェア構成図

2.2 ハードウェア仕様

2.2.1 ユーザインタフェース

本システムのユーザインタフェース一覧を表 2-1 に示します。

表 2-1 ユーザインタフェース

項　目	インタフェース部品	機　能
回転速度	可変抵抗(VR1)	回転速度指令値入力(アナログ値)
START/STOP	トグルスイッチ(SW1)	モータ回転開始/停止指令
ERROR RESET	トグルスイッチ(SW2)	エラー状態からの復帰指令
LED1	黄緑色 LED	・モータ回転時：点灯 ・停止時：消灯
LED2	黄緑色 LED	・エラー検出時：点灯 ・通常動作時：消灯
LED3	黄緑色 LED	本システムでは未使用
RESET	プッシュスイッチ(RESET1)	システムリセット

本システムの端子インタフェースを表 2-2 に示します。

表 2-2 端子インタフェース

R5F523T5ADFM 端子名	機　能
P43 / AN003	インバータ母線電圧測定
P10 / AN017	回転速度指令値入力用(アナログ値)
P91	START/STOP トグルスイッチ
P92	ERROR RESET トグルスイッチ
P00	LED1 点灯/消灯制御
P01	LED2 点灯/消灯制御
P31	LED3 点灯/消灯制御(本システムでは未使用)
P40 / AN000	U 相電流測定
P41 / AN001	V 相電流測定
P42 / AN002	W 相電流測定
P71 / MTIOC3B	PWM 出力(U_p)
P72 / MTIOC4A	PWM 出力(V_p)
P73 / MTIOC4B	PWM 出力(W_p)
P74 / MTIOC3D	PWM 出力(U_n)
P75 / MTIOC4C	PWM 出力(V_n)
P76 / MTIOC4D	PWM 出力(W_n)
P70 / POE0#	過電流検出時の PWM 緊急停止入力

2.2.2 周辺機能

本システムに使用する周辺機能一覧を表 2-3 に示します。

表 2-3 サンプルプログラム別周辺機能対応表

12bit A/D	CMT	MTU3	POE3
・回転速度指令値 ・各 U/V/W 相電流 ・インバータ母線電圧	・1 [ms]インターバルタイマ ・回転速度計測用フリーランタイマ	相補 PWM 出力	PWM 出力端子をハイインピーダンス状態にし、PWM 出力を停止

(1)12bitA/D コンバータ

U 相電流(I_u)、V 相電流(I_v)、W 相電流(I_w)、インバータ母線電圧(V_{dc})を、サンプル&ホールド機能を使用した「1 サイクルスキャンモード」で測定します(ハードウェアトリガを使用)。
回転速度指令値を、「シングルスキャンモード」で測定します(ソフトウェアトリガを使用)。

(2) コンペアマッチタイマ(CMT)

コンペアマッチタイマのチャネル 0 を、1 [ms]インターバルタイマとして使用します。

(3)マルチファンクションタイマパルスユニット 3(MTU3)

動作モードはチャネル毎に異なり、チャネル 3、4 では相補 PWM モードを使用して、デッドタイム付きの出力(”High”アクティブ)を行います。

(4)ポートアウトプットイネーブル 3(POE3)

過電流検出時(POE0#端子の立ち下りエッジ検出時)と出力短絡検出時は PWM 出力端子をハイインピーダンス状態にします。

2.3 ソフトウェア構成

2.3.1 ソフトウェア・ファイル構成

サンプルプログラムのフォルダとファイル構成を下記に示します。

表 2-4 サンプルプログラムのフォルダとファイル構成

RX23T_RSSK2LV_SPM_LESS_FOC_CSP_V100	inc	main.h	メイン関数、ユーザインタフェース制御関連定義
		mtr_common.h	共通定義
		mtr_ctrl_rssk2lv.h	ボード依存処理関連定義
		mtr_ctrl_rx23t.h	RX23T依存処理関連定義
		mtr_spm_less_foc.h	センサレスベクトル制御関連定義
		control_parameter.h	制御パラメータ関連定義
		motor_parameter.h	モータパラメータ関連定義
		mtr_ctrl_rx23t_rssk2lv.h	ボード＆RX23T依存処理関連定義
		mtr_feedback.h	フィードバック制御関連定義
		mtr_filter.h	フィルタ処理関連定義
		mtr_gmc.h	モータ制御機能関連定義
		mtr_driver _access.h	ドライバアクセス機能関連定義
	lib	angle_speed_R5F523T5AxFM.obj	位置、速度推定ライブラリ
	ics	ICS_RX23T.obj	ICSライブラリ
		ICS_RX23T.h	ICS関連定義
	src	main.c	メイン関数、ユーザインタフェース制御
		mtr_ctrl_rssk2lv.c	ボード依存処理
		mtr_ctrl_rx23t.c	RX23T依存処理
		mtr_interrupt.c	割り込みハンドラ
		mtr_spm_less_foc.c	センサレスベクトル制御
		mtr_ctrl_rx23t_rssk2lv.c	ボード＆RX23T依存処理
		mtr_feedback.c	フィードバック制御
		mtr_filter.c	フィルタ処理
		mtr_gmc.c	モータ制御機能
		mtr_driver _access.c	ドライバアクセス機能

2.3.2 モジュール構成

サンプルプログラムのモジュール構成を図 2-2、表 2-5 に示します。

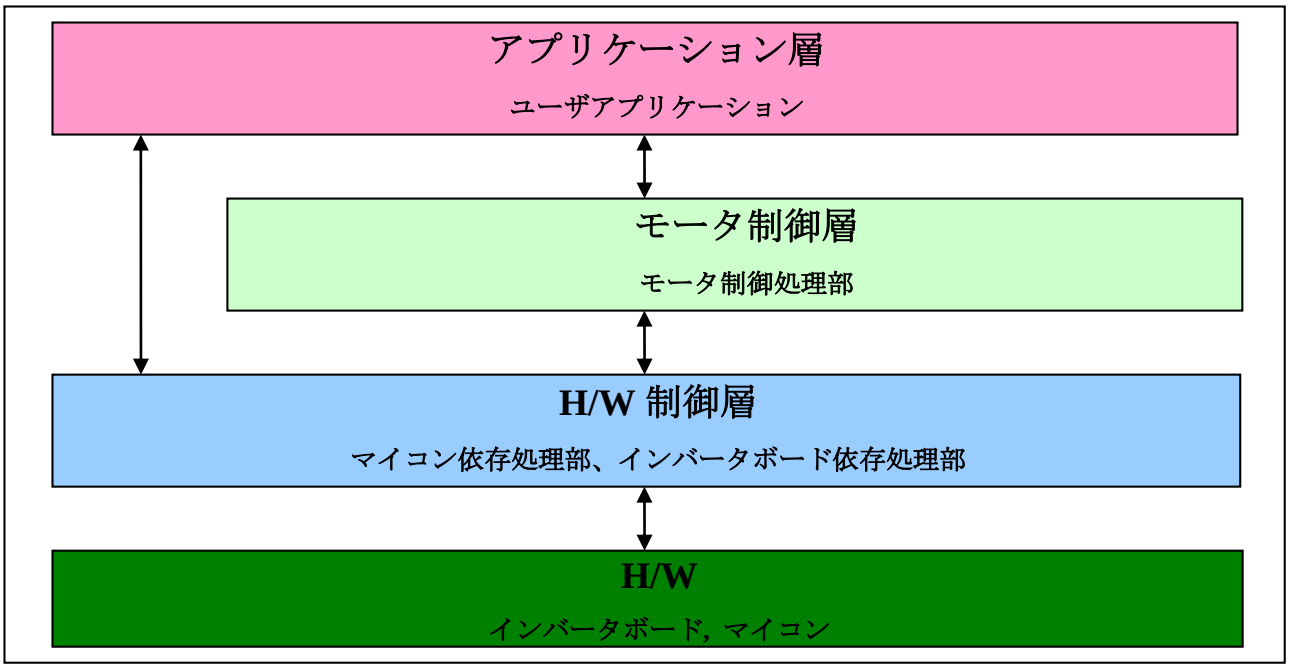


図 2-2 サンプルプログラムのモジュール構成

表 2-5 サンプルプログラムのモジュール構成

階層	ファイル名
アプリケーション層	main.c
モータ制御層	mtr_spm_less_foc.c mtr_feedback.c mtr_gmc.c mtr_filter.c mtr_driver_access.c mtr_interrupt.c 注 1
H/W 制御層	mtr_ctrl_rx23t_rssk2lv.c mtr_ctrl_rx23t.c mtr_ctrl_rssk2lv.c mtr_interrupt.c 注 1

【注】1. “mtr_interrupt.c”は、モータ制御層、H/W 制御層に関わる処理を行っています。

2.4 ソフトウェア仕様

本システムのソフトウェアの基本仕様を下記に示します。ベクトル制御の詳細に関しては「永久磁石同期モータのベクトル制御(アルゴリズム編)」を参照してください。

表 2-6 センサレスベクトル制御ソフトウェア基本仕様

項目	内容
制御方式	ベクトル制御
モータ回転開始/停止	SW1(P91)のレベルにより判定(”Low”：回転開始 “High”：停止) または ICS から入力[注1]
回転子磁極位置検出	センサレス
入力電圧	DC 24V
キャリア周波数(PWM)	20 [kHz]
制御周期	100 [μs] (キャリア周期の 2 倍)
回転速度範囲	CW：0 [rpm] ～ 2650 [rpm] CCW：0 [rpm] ～ 2650 [rpm]
保護停止処理	・以下 4 つのうちいずれかの条件の時、モータ制御信号出力(6 本)を非アクティブにする 1.各相の電流が 1.0 [A]を超過(100 [μs]毎に監視) 2.インバータ母線電圧が 28 [V]を超過(100 [μs]毎に監視) 3.インバータ母線電圧が 14[V]未満(100 [μs]毎に監視) 4.回転速度が 3000 [rpm]を超過(100 [μs]毎に監視) ・外部からの過電流検出信号(POE0#端子に立ち下りエッジを検出)及び出力短絡を検出した場合、PWM 出力端子をハイインピーダンスにする

【注】1. 詳細に関しては「4. 開発支援ツール「In Circuit Scope」」を参照して下さい。

3. 制御プログラム説明

本アプリケーションノートの対象サンプルプログラムについて説明します。

3.1 制御内容

3.1.1 モータ起動/停止

モータの起動と停止は、ICS からの入力または SW1 と VR1 からの入力によって制御します。

SW1 には汎用ポートが割り当てられ、メイン・ループ内で、端子を読み、”Low”レベルのときスタートスイッチが押されていると判断し、逆に”High”レベルのときはモータを停止すると判断します。

3.1.2 A/D 変換(モータ回転速度指令値、インバータ母線電圧、モータ 3 相電流)

(1)モータ回転速度指令値

モータの回転速度指令値は ICS からの入力または VR1 の出力値(アナログ値)を A/D 変換することによって決定します。A/D 変換された VR1 の値は、以下の表のように、回転速度指令値として使用します。

表 3-1 回転速度指令値の変換比

項　目	変換比 (指令値：A/D 変換値)		チャネル
回転速度指令値	CW	0 [rpm]～2700[rpm]：0800H～0FFFH	AN017
	CCW	0 [rpm]～2700[rpm]：07FFH～0000H	

(2)インバータ母線電圧

以下の表のように、インバータ母線電圧を測定します。変調率の算出と過電圧検出(異常時は PWM 停止)に使用します。

表 3-2 インバータ母線電圧の変換比

項　目	変換比 (インバータ母線電圧：A/D 変換値)	チャネル
インバータ母線電圧	0 [V]～111 [V]：0000H～0FFFH	AN003

(3)U 相、W 相電流

以下の表のように、U 相、W 相電流を測定し、ベクトル制御に使用します。

表 3-3 U、W 相電流の変換比

項　目	変換比 (U 相、W 相電流：A/D 変換値)	チャネル
U 相、W 相電流	-10 [A]～10 [A]：0000H～0FFFH 注 1	Iu : AN000 Iw: AN002

【注】1. A/D 変換特性の詳細に関しては「RX23T グループ　ユーザーズマニュアル　ハードウェア編」を参照して下さい。

3.1.3 変調

本アプリケーションノート対象サンプルソフトでは、モータへの入力電圧はパルス幅変調（以降、PWM）によって生成し、PWM 波形は三角波比較法によって生成します。

(1) 三角波比較法

指令値電圧を実際に出力する方法の一つとして、キャリア波形（三角波）と指令値電圧波形を比較する事で出力電圧のパルス幅を決める三角波比較法があります。指令値電圧がキャリア波電圧より大きければスイッチをオン、小さければオフにする事で、正弦波状の指令値電圧を擬似的に出力する事が出来ます。

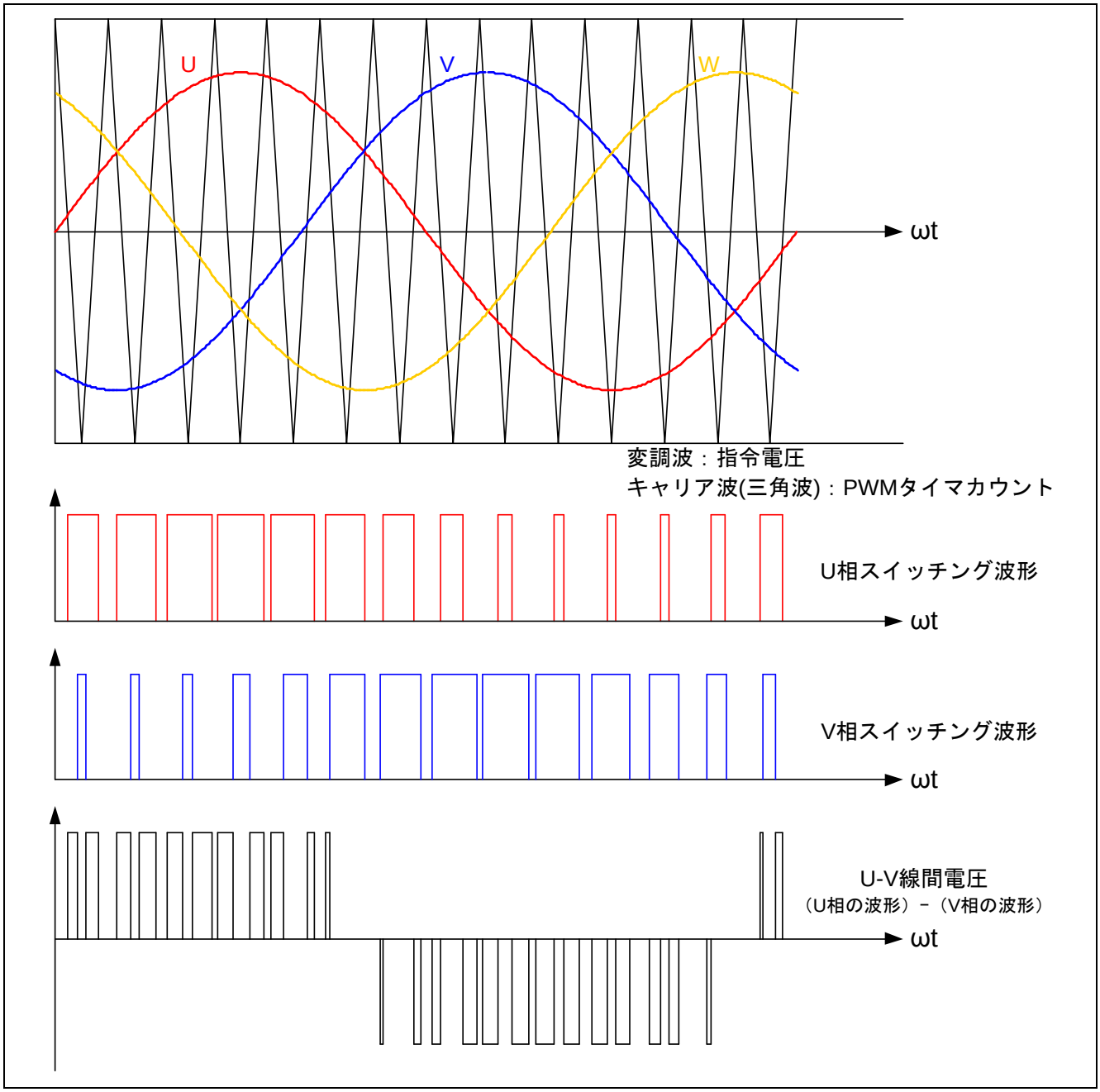


図 3-1 三角波比較法の概念図

ここで、図 3-2 のように、出力電圧パルスのキャリア波に対する割合をデューティと呼びます。

$$デューティ = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} \times 100[\%]$$

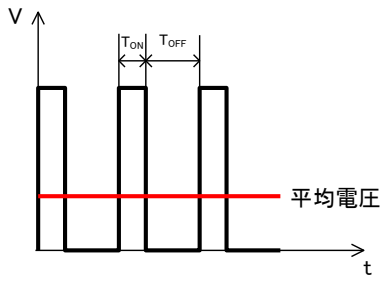


図 3-2 デューティの定義

また、変調率 m を以下のように定義します。

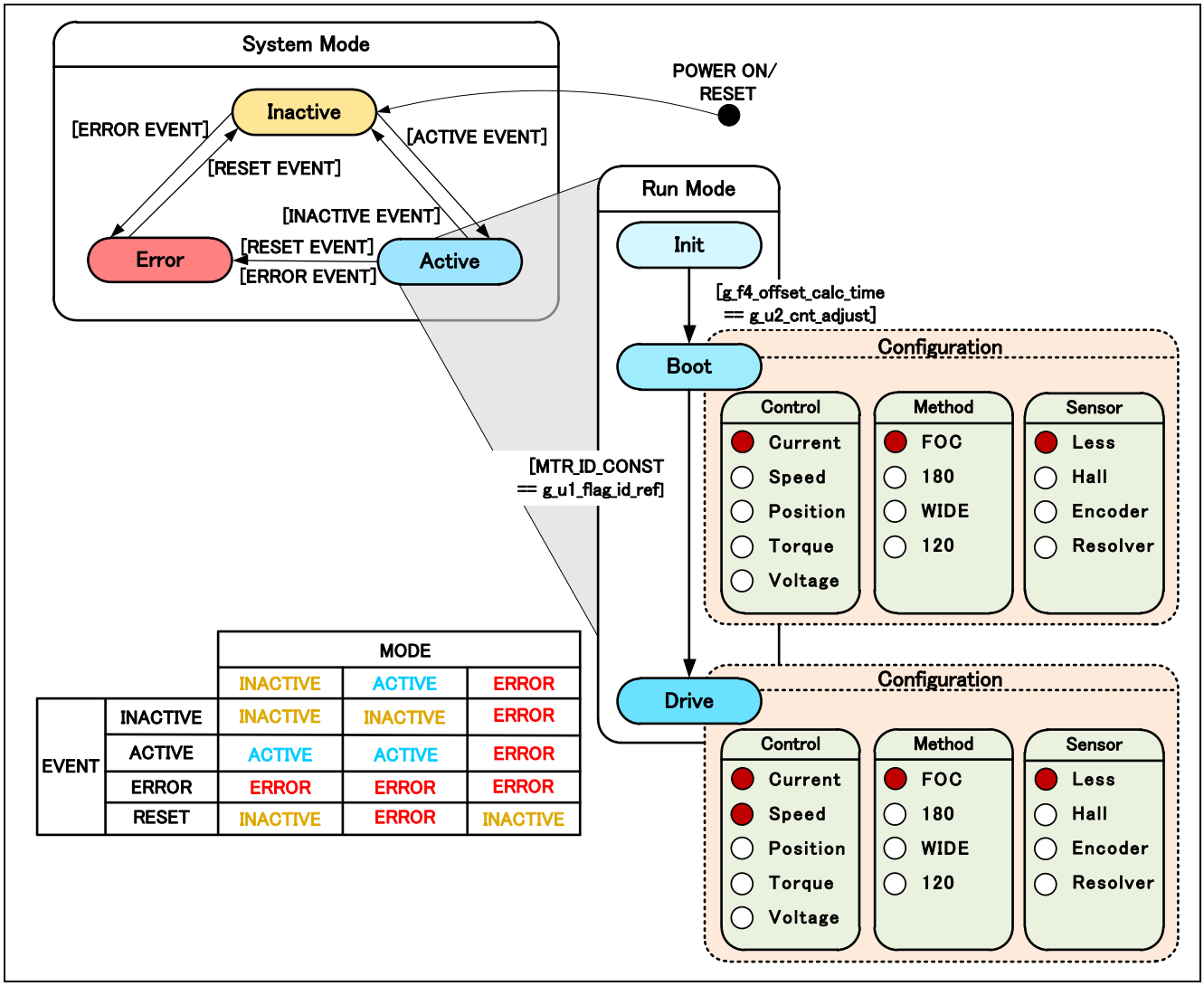
$$m = \frac{V}{E}$$

m:変調率　　V:指令値電圧　　E:インバータ母線電圧

この変調率を、PWM デューティを決めるレジスタに反映させることで所望の制御を行います。

3.1.4 状態遷移

図 3-3 にセンサレスベクトル制御ソフトにおける状態遷移図を示します。



		MODE		
		INACTIVE	ACTIVE	ERROR
EVENT	INACTIVE	INACTIVE	INACTIVE	ERROR
	ACTIVE	ACTIVE	ACTIVE	ERROR
	ERROR	ERROR	ERROR	ERROR
	RESET	INACTIVE	ERROR	INACTIVE

図 3-3 センサレスベクトル制御ソフトの状態遷移図

3.1.5 始動方法

センサレスベクトル制御ソフトの始動制御内容を図 3-4 に示します。d 軸電流、q 軸電流、速度それぞれの指令値を管理するフラグによってモードをコントロールしています。

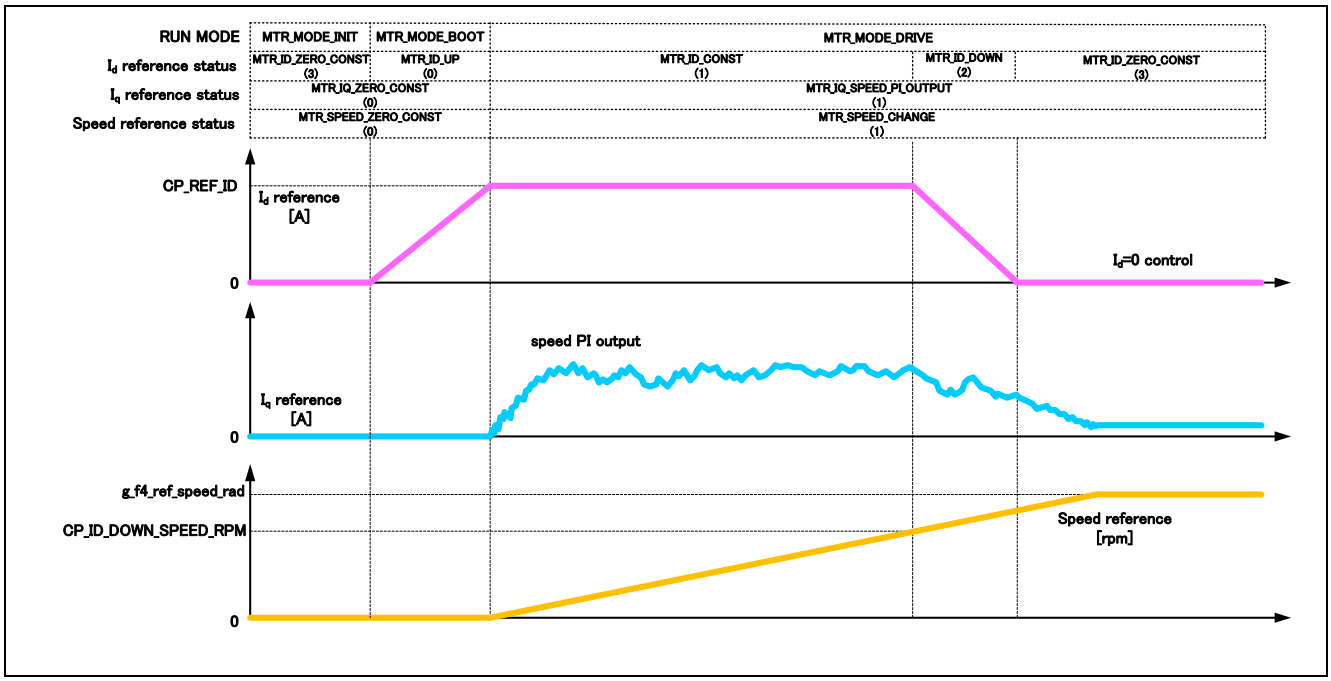


図 3-4 センサレスベクトル制御ソフトの始動制御内容

センサレスベクトル制御の詳細に関しましては「永久磁石同期モータのベクトル制御(アルゴリズム編)」を参照してください。

3.1.6 システム保護機能

本制御プログラムは、以下の 4 種のエラー状態を持ち、それぞれの場合に緊急停止機能を実装しています。システム保護機能に関わる各設定値は表 3-4 を参照してください。

・過電流エラー

ハードウェアからの緊急停止信号(過電流検出)により、PWM 出力端子をハイインピーダンス状態にします。

また、過電流監視周期で U 相、V 相、W 相電流を監視し、過電流(過電流リミット値を超過)を検出した時に、緊急停止します。(ソフトウェア検出)

・過電圧エラー

過電圧監視周期でインバータ母線電圧を監視し、過電圧(過電圧リミット値を超過)を検出した時に、緊急停止します。ここで、過電圧リミット値は検出回路の抵抗値の誤差等を考慮して設定した値です。

・低電圧エラー

低電圧監視周期でインバータ母線電圧を監視し、低電圧(低電圧リミット値を下回った場合)を検出した時に、緊急停止します。ここで、低電圧リミット値は検出回路の抵抗値の誤差等を考慮して設定した値です。

・回転速度エラー

回転速度監視周期で速度を監視し、速度リミット値を超過した場合、緊急停止します。

表 3-4 各システム保護機能設定値

過電流エラー	過電流リミット値 [A]	1.0
	監視周期 [μs]	100
過電圧エラー	過電圧リミット値 [V]	28
	監視周期 [μs]	100
低電圧エラー	低電圧リミット値 [V]	14
	監視周期 [μs]	100
回転速度エラー	速度リミット値 [rpm]	3000
	監視周期 [μs]	100

3.2 センサレスベクトル制御ソフト関数仕様

本制御プログラムの関数一覧を以下に示します。

表 3-5 “main.c”関数一覧

ファイル名	関数概要	処理概要
main.c	main 入力：なし 出力：なし	・ハードウェア初期化関数呼び出し ・ユーザインタフェース初期化関数呼び出し ・メイン処理使用変数初期化関数呼び出し ・状態遷移及びイベント実行関数呼び出し ・メイン処理 ⇒ユーザインタフェース呼び出し ⇒ウォッチドッグタイマクリア関数呼び出し
	ics_ui 入力：なし 出力：なし	ICS ユーザインタフェース使用 ・モータステータスの変更 ・回転速度指令値の決定 ・回転方向の決定
	board_ui 入力：なし 出力：なし	ボードユーザインタフェース使用 ・モータステータスの変更 ・回転速度指令値の決定 ・回転方向の決定
	software_init 入力：なし 出力：なし	メイン処理にて使用する変数の初期化

表 3-6 “mtr_ctrl_rx23t.c”関数一覧

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_ctrl_rx23t.c	R_MTR_InitHardware 入力：なし 出力：なし	クロックと周辺機能の初期化
	mtr_init_clock 入力：なし 出力：なし	クロックの初期化
	init_wdt 入力：なし 出力：なし	ウォッチドッグタイマ(WDT)の初期化
	mtr_init_cmt 入力：なし 出力：なし	コンペアマッチタイマ(CMT)の初期化
	mtr_init_poe3 入力：なし 出力：なし	ポートアウトプットイネーブル 3(POE3)の初期化
	clear_wdt 入力：なし 出力：なし	ウォッチドッグタイマ(WDT)のクリア
	mtr_clear_oc_flag 入力：なし 出力：なし	ハイインピーダンス状態解除

表 3-7 “mtr_ctrl_rssk2lv.c”関数一覧

ファイル名	関数概要	処理概要
mtr_ctrl_rssk2lv.c	R_MTR_ChargeCapacitor 入力：なし 出力：なし	母線電圧の安定待ち
	get_vr1 入力：なし 出力：(unit16)ad_data / A/D 変換結果	VR1 の状態を取得
	get_sw1 入力：なし 出力：(unit8)tmp_port/ SW1 のレベル	SW1 の状態を取得
	get_sw2 入力：なし 出力：(unit8)tmp_port/ SW2 のレベル	SW2 の状態を取得
	led1_on 入力：なし 出力：なし	LED1 の点灯
	led2_on 入力：なし 出力：なし	LED2 の点灯
	led3_on 入力：なし 出力：なし	LED3 の点灯
	led1_off 入力：なし 出力：なし	LED1 の消灯
	led2_off 入力：なし 出力：なし	LED2 の消灯
	led3_off 入力：なし 出力：なし	LED3 の消灯

表 3-8 “mtr_interrupt.c”関数一覧

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_interrupt.c	mtr_over_current_interrupt 入力：なし 出力：なし	過電流検出処理(ハード検出) ・イベント処理選択関数呼び出し(Error イベント発生) ・モータステータス変更(Error モードへ) ・ハイインピーダンス状態解除関数呼び出し (PWM 出力停止処理へ)
	mtr_carrier_interrupt 入力：なし 出力：なし	100 [μs]毎に呼び出し ・ベクトル演算 ・電流 PI 制御
	mtr_1ms_interrupt 入力：なし 出力：なし	1 [ms]毎に呼び出し ・始動制御 ・d 軸 q 軸電流、回転速度の指令値を設定 ・速度 PI 制御

表 3-9 “mtr_spm_less_foc.c”関数一覧

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_spm_less_foc.c	R_MTR_InitSequence 入力：なし 出力：なし	シーケンス処理の初期化
	R_MTR_ExecEvent 入力：(uint8)u1_event / 発生イベント 出力：なし	・ステータスの変更を行う ・発生イベントに対して、適切な処理の実行関数を呼び出し
	mtr_act_active 入力：(uint8) u1_state / モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	PWM 出力許可
	mtr_act_inactive 入力：(uint8) u1_state / モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	PWM 出力停止
	mtr_act_none 入力：(uint8)u1_state /モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	処理なし
	mtr_act_reset 入力：(uint8)u1_state /モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	グローバル変数の初期化
	mtr_act_error 入力：(uint8)u1_state /モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	モータ制御終了関数呼び出し
	mtr_start_init 入力：なし 出力：なし	モータ起動時に必要な変数を初期化
	mtr_set_variables 入力：なし 出力：なし	制御層への制御パラメータの反映
	R_MTR_IcsInput 入力：MTR_ICS_INPUT *ics_input / ICS 用構造体 出力値：なし	ICS から入力された変数をバッファに格納
	mtr_set_speed_ref 入力：なし 出力：(float32)f4_speed_rad_ref_buff / 速度指令値バッファ	速度制御用指令値の設定
	mtr_set_iq_ref 入力：なし 出力：(float32)f4_iq_ref_buff / q 軸電流指令値バッファ	q 軸電流指令値の設定
	mtr_set_id_ref 入力：なし 出力：(float32)f4_id_ref_buff / d 軸電流指令値バッファ	d 軸電流指令値の設定
	mtr_error_check 入力：なし 出力：なし	エラーの監視

表 3-10 “mtr_ctrl_rx23t_rssk2lv.c”関数一覧

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_ctrl_rx23t_rssk2lv.c	mtr_init_mtu 入力：なし 出力：なし	MTU3 の初期設定
	mtr_init_ad_converter 入力：なし 出力：なし	A/D コンバータの初期設定
	init_ui 入力：なし 出力：なし	ユーザインタフェースの初期化
	mtr_ctrl_start 入力：なし 出力：なし	モータ起動処理
	mtr_ctrl_stop 入力：なし 出力：なし	モータ停止処理
	mtr_get_vr1_adc 入力：なし 出力：(unit16)u2_temp / VR1A/D 変換値	VR1A/D 変換値取得
	mtr_inv_set_uvw 入力：(float32) f4_modu / U 相変調率 ：(float32) f4_modv / V 相変調率 ：(float32) f4_modw / W 相変調率 出力：なし	PWM 出力設定
	mtr_init_register 入力：なし 出力：なし	バッファレジスタの初期化
	mtr_get_current_adc 入力：(float32*) f4_iu_ad / U 相電流 A/D 変換値 ：(float32*) f4_iw_ad / W 相電流 A/D 変換値 出力：なし	U 相電流、W 相電流 A/D 変換
	mtr_get_vdc_adc 入力：なし 出力： (float32*) f4_vdc_ad / インバータ母線電圧 A/D 変換値	インバータ母線電圧 A/D 変換

表 3-11 “mtr_feedback.c”関数一覧

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_feedback.c	mtr_pi_ctrl 入力：MTR_PI_CTRL* pi_ctrl / PI 制御用構造体 出力：(float32)f4_ref / PI 制御出力値	PI 制御

表 3-12 “mtr_filter.c”関数一覧

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_filter.c	R_MTR_Lpff 入力：(float32) f4_lpf_input / LPF 入力値 ：(float32) f4_pre_lpf_output / 前回の LPF 出力値 ：(float32) f4_lpf_k / LPF ゲイン 出力：(float32) f4_temp / LPF 出力値	LPF 処理 (float32)
	R_MTR_Lpf 入力：(int16) s2_lpf_input / LPF 入力値 ：(int16) s2_pre_lpf_output / 前回の LPF 出力値 ：(int16) s2_lpf_k / LPF ゲイン 出力：(int16) s2_temp / LPF 出力値	LPF 処理 (int16)
	R_MTR_Limitf 入力：(float32) f4_value / 入力値 ：(float32) f4_max / 最大値 ：(float32) f4_min / 最小値 出力：(float32) f4_temp / 出力値	上下限リミット処理 (float32)
	R_MTR_Limit 入力：(int16) s2_value / 入力値 ：(int16) s2_max / 最大値 ：(int16) s2_min / 最小値 出力：(int16) s2_temp / 出力値	上下限リミット処理 (int16)
	R_MTR_Limitf_h 入力：(float32) f4_value / 入力値 ：(float32) f4_max / 最大値 出力：(float32) f4_temp / 出力値	上限リミット処理 (float32)
	R_MTR_Limit_h 入力：(int16) s2_value / 入力値 ：(int16) s2_max / 最大値 出力：(int16) s2_temp / 出力値	上限リミット処理 (int16)
	R_MTR_Limitf_l 入力：(float32) f4_value / 入力値 ：(float32) f4_min / 最小値 出力：(float32) f4_temp / 出力値	下限リミット処理 (float32)
	R_MTR_Limit_l 入力：(int16) s2_value / 入力値 ：(int16) s2_min / 最小値 出力：(int16) s2_temp / 出力値	下限リミット処理 (int16)
	R_MTR_Limitf_abs 入力：(float32) f4_value / 入力値 ：(float32) f4_limit_value / リミット値 出力：(float32) f4_temp / 出力値	絶対値リミット処理 (float32)
	R_MTR_Limit_abs 入力：(int16) s2_value / 入力値 ：(int16) s2_limit_value / リミット値 出力：(int16) s2_temp / 出力値	絶対値リミット処理 (int16)

表 3-13 “mtr_gmc.c”関数一覧 [1/2]

ファイル名	関数名	処理概要
	mtr_get_vdc 入力：なし 出力：(float32)f4_temp_vdc / 母線電圧	母線電圧の取得
	mtr_check_over_current_error 入力：(float32)f4_iu / u 相電流値 (float32)f4_iv / v 相電流値 (float32)f4_iw / w 相電流値 (float32)f4_overcurrent_limit / 過電流リミット値 出力：(uint16)u2_temp0 / 過電流エラーフラグ	過電流エラーチェック
	mtr_check_over_voltage_error 入力：(float32)f4_vdc / 母線電圧値 (float32)f4_overvoltage_limit / 過電圧リミット値 出力：(uint16)u2_temp0 / 過電圧エラーフラグ	過電圧エラーチェック
	mtr_check_under_voltage_error 入力：(float32)f4_vdc/ 母線電圧値 (float32)f4_undervoltage_limit / 低電圧リミット値 出力：(uint16)u2_temp0 / 低電圧エラーフラグ	低電圧エラーチェック
	mtr_check_over_speed_error 入力：(float32)f4_speed_rad / 回転速度 (float32) f4_speed_limit_rad / 回転速度リミット値 出力：(uint16)u2_temp0 / 過速度エラーフラグ	過速度エラーチェック
	mtr_get_current_iuiw 入力：(volatile float32*) f4_iu_ad / u 相電流 AD 変換値 (volatile float32*) f4_iw_ad / w 相電流 AD 変換値 出力：なし	各相電流の取得
	mtr_transform_uvw_dq_abs 入力：(float32)f4_u / U 相 (float32)f4_v / V 相 (float32) f4_w / W 相 (float32)f4_angle_rad / 磁石位置 (volatile float32*) f4_d / d 軸 (volatile float32*) f4_q / q 軸 出力：なし	UVW → dq 座標変換
	mtr_transform_dq_uvw_abs 入力：(float32)f4_d / d 軸 (float32)f4_q / q 軸 (float32)f4_angle_rad / 磁石位置 (volatile float32*) f4_u / u 相 (volatile float32*) f4_v / v 相 (volatile float32*) f4_w / w 相 出力：なし	dq → UVW 座標変換
	mtr_decoupling_control 入力：(float32)f4_id / d 軸電流 (float32)f4_iq / q 軸電流 (float32)f4_speed_rad / 回転速度 volatile MTR_PARAMETER* mtr_para (volatile float32*) f4_vd / d 軸電圧 (volatile float32*) f4_vq / q 軸電圧 出力：なし	非干渉制御

表 3-14 “mtr_gmc.c”関数一覧 [2/2]

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_gmc.c 注 1	mtr_calc_mod 入力：(float32)f4_vu / u 相電圧値 (float32)f4_vv / v 相電圧値 (float32)f4_vw, / w 相電圧値 (float32)f4_vdc / 母線電圧値 (volatile float32*) f4_modu / u 相変調率 (volatile float32*) f4_modv / v 相変調率 (volatile float32*) f4_modw / w 相変調率 出力：なし	変調率の算出

【注】 1. 本システムで使用していない関数は記載していません。

表 3-15 “mtr_driver_access.c”関数一覧

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_driver_access.c	R_MTR_SetSpeed 入力：(int16)ref_speed / 速度指令値 出力：なし	速度指令値の設定
	R_MTR_SetDir 入力：uint8 dir/ 回転方向 出力：なし	回転方向の設定
	R_MTR_GetSpeed 入力：なし 出力：(int16) s2_speed_rpm/ 速度	速度演算値の取得
	R_MTR_GetDir 入力：なし 出力：(uint8) g_u1_direction / 回転方向	回転方向の取得
	R_MTR_GetStatus 入力：なし 出力：(uint8)g_u1_mode_system / モータステータス	モータステータスを取得

表 3-16 “angle_speed_ R5F523T5ADFM.obj”関数一覧

ファイル名	関数名	処理概要
angle_speed_ R5F523T5ADFM.obj	mtr_angle_speed 入力：なし 出力：なし	回転子位相、速度の推定

3.3 センサレスベクトル制御ソフト変数一覧

本制御プログラムで使用する変数一覧を次に示します。ただし、ローカル変数は記載していません。

表 3-17 変数一覧 [1/3]

変数名	型	内容	備考
g_s2_max_speed	int16	速度最大値	機械角 [rpm]
g_s2_ref_speed	int16	速度指令値	機械角 [rpm]
g_u1_motor_status	uint8	モータステータス	
g_u1_reset_req	unit8	リセット要求フラグ	0：リセット要求なし 1：リセット要求あり
g_u1_sw1_cnt	unit8	SW1 判定カウンタ	チャタリング除去
g_u1_sw2_cnt	unit8	SW2 判定カウンタ	チャタリング除去
g_s2_sw_userif	int16	ユーザインタフェーススイッチ	0：ICS ユーザインタフェース使用（デフォルト） 1：ボードユーザインタフェース使用
g_s2_mode_system	int16	ステート管理用変数	
g_s2_enable_write	int16	変数書き換え許可管理用変数	
st_ics_input	MTR_ICS_INPUT	ICS ユーザインタフェース用構造体	
g_u1_mode_system	unit8	ステート管理	0x00：Inactive モード 0x01：Active モード 0x02：Error モード
g_u2_run_mode	unit16	運転モード管理	0x00：Init モード 0x01：Boot モード 0x02：Drive モード 0x03：Analysis モード 0x04：Tune モード
g_u2_ctrl_conf	unit16	制御入力	0x01：電流制御 0x02：速度制御 0x04：位置制御 0x08：トルク制御 0x10：電圧制御
g_u2_sensor_conf	unit16	使用センサ	0x01：センサレス 0x02：ホールセンサ 0x04：エンコーダ 0x08：レゾルバ
g_u2_method_conf	unit16	制御方法	0x00:FOC(Fields Oriented Control) 0x01:180 度通電制御 0x02:広角通電制御 0x03:120 度通電制御
g_u2_error_status	unit8	エラーステータス管理	0x00：エラーなし 0x01：過電流エラー 0x02：過電圧エラー 0x04：回転速度エラー 0x08：ホールタイムアウトエラー 0x10：誘起電圧タイムアウトエラー 0x20：ホールパターンエラー 0x40：誘起電圧パターンエラー 0x80：低電圧エラー 0xFF：未定義エラー
g_u1_cnt_ics	uint8	ICS データ転送関数呼び出し間引きカウンタ	
g_f4_vdc_ad	float32	インバータ母線電圧	[V]

表 3-18 変数一覧 [2/3]

変数名	型	内容	備考
g_f4_vd_ref	float32	d 軸出力電圧指令値	電流 PI 制御出力値[V]
g_f4_vq_ref	float32	q 軸出力電圧指令値	電流 PI 制御出力値[V]
g_f4_iu_ad	float32	U 相電流	[A]
g_f4_pre_iu_ad	float32	U 相電流前回値	[A]
g_f4_iv_ad	float32	V 相電流 A/D 変換値	[A]
g_f4_iw_ad	float32	W 相電流 A/D 変換値	[A]
g_f4_pre_iw_ad	float32	W 相電流前回値	[A]
g_f4_offset_iu	float32	U 相電流オフセット値	[A]
g_f4_offset_iw	float32	W 相電流オフセット値	[A]
g_f4_id_lpf	float32	d 軸電流	[A]
g_f4_iq_lpf	float32	q 軸電流	[A]
g_f4_pre_id_lpf	float32	d 軸電流前回値	[A]
g_f4_pre_iq_lpf	float32	q 軸電流前回値	[A]
g_f4_kp_id	float32	d 軸電流 PI 制御比例項ゲイン	
g_f4_ki_id	float32	d 軸電流 PI 制御積分項ゲイン	
g_f4_kp_iq	float32	q 軸電流 PI 制御比例項ゲイン	
g_f4_ki_iq	float32	q 軸電流 PI 制御積分項ゲイン	
g_f4_kp_speed	float32	速度 PI 制御比例項ゲイン	
g_f4_ki_speed	float32	速度 PI 制御積分項ゲイン	
g_f4_ilim_vd	float32	d 軸電流 PI 制御積分項リミット値	[V]
g_f4_ilim_vq	float32	q 軸電流 PI 制御積分項リミット値	[V]
g_f4_lim_iq	float32	速度 PI 制御出力リミット値	[A]
g_f4_ilim_iq	float32	速度 PI 制御積分項リミット値	[A]
g_f4_id_ref	float32	d 軸電流指令値	[A]
g_f4_iq_ref	float32	q 軸電流指令値	速度 PI 制御出力値[A]
g_f4_speed_rad	float32	速度演算値	電気角[rad/s]
g_f4_ref_speed_rad_ctrl	float32	速度 PI 制御用指令値	電気角[rad/s]
g_f4_ref_speed_rad	float32	速度指令値	電気角[rad/s]
g_f4_angle_rad	float32	回転子位置	[rad]
g_f4_max_speed_rad	float32	速度指令最大値	[rad/s]
g_f4_refu	float32	U 相電圧指令値	[V]
g_f4_refv	float32	V 相電圧指令値	[V]
g_f4_refw	float32	W 相電圧指令値	[V]
g_f4_inv_limit	float32	相電圧リミット値	[V]
g_f4_speed_lpf_k	float32	速度 LPF パラメータ	
g_f4_current_lpf_k	float32	電流 LPF パラメータ	
g_f4_offset_lpf_k	float32	電流オフセット値 LPF パラメータ	
st_vd	MTR_PI_CTRL	d 軸電流 PI 制御用構造体	[V]
st_vq	MTR_PI_CTRL	q 軸電流 PI 制御用構造体	[V]
st_speed	MTR_PI_CTRL	速度 PI 制御用構造体	[rad/s]
st_motor	MTR_PARAMETER	モータパラメータ及び制御パラメータ	
g_u1_direction	unit8	回転方向	0：CW 1：CCW
g_u1_dir_buff	unit8	指令回転方向	0：CW 1：CCW
g_u1_enable_write	unit8	ICS ユーザインタフェース用変数	

表 3-19 変数一覧 [3/3]

変数名	型	内容	備考
g_f4_emf_est	float32	誘起電圧推定値	[V]
g_f4_emf_calc	float32	誘起電圧計算値	[V]
g_u2_cnt_adjust	unit16	電流オフセット計算用カウンタ	
g_u1_flag_id_ref	unit8	d 軸電流指令値管理フラグ	0：d 軸電流増加 1：d 軸電流一定 2：d 軸電流減少 3：d 軸電流 0
g_u1_flag_iq_ref	unit8	q 軸電流指令値管理フラグ	0：q 軸電流 0 1：速度 PI 出力
g_u1_flag_speed_ref	uint8	速度指令値管理フラグ	0：速度 0 1：速度変化
g_f4_temp_speed_rad	float32	速度保存用変数	電気角[rad/s]
g_f4_id_up_speed_rad	float32	d 軸電流指令値加算開始速度	電気角[rad/s]
g_f4_offset_calc_time	float32	電流オフセット値計算時間	設定値×100μ[s]
g_f4_limit_speed_change	float32	速度指令最大増減幅	[rad/s]
g_f4_modu	float32	U 相変調率	
g_f4_modv	float32	V 相変調率	
g_f4_modw	float32	W 相変調率	
g_f4_overcurrent_limit	float32	過電流リミット	[A]
g_f4_overvoltage_limit	float32	過電圧リミット	[A]
g_f4_undervoltage_limit	float32	低電圧リミット	[V]
g_f4_speed_limit_rad	float32	回転速度リミット	[rad/s]
g_f4_pre_offset_iu	float32	U 相電流オフセット前回値	[A]
g_f4_pre_offset_iw	float32	W 相電流オフセット前回値	[A]
g_f4_iu_lpf	float32	U 相電流値	[A]
g_f4_iv_lpf	float32	V 相電流値	[A]
g_f4_iw_lpf	float32	W 相電流値	[A]
g_f4_pre_iu_lpf	float32	U 相電流前回値	[A]
g_f4_pre_iw_lpf	float32	W 相電流前回値	[A]
g_u1_flag_offset_calc	unit8	電流オフセット値計算フラグ	0：ブートモード移行時計算 1：ブートモード移行時計算 (初回のみ)
g_f4_i_gamma	float32	γ 軸電流	[A]
g_f4_i_delta	float32	δ 軸電流	[A]
g_f4_di_gamma	float32	γ 軸電流誤差	[A]
g_f4_di_delta	float32	δ 軸電流誤差	[A]
g_f4_k_emf	float32	速度起電力推定ゲイン	
g_f4_k_theta	float32	位置推定ゲイン	
g_f4_delta_speed_lpf	float32	速度差分	
g_f4_pre_speed_rad	float32	速度前回値	電気角[rad/s]
g_f4_id_down_speed_rad	float32	d 軸電流指令値減算開始速度	電気角[rad/s]
g_f4_id_up_step	float32	d 軸電流指令値加算値	[A]
g_f4_id_down_step	float32	d 軸電流指令値減算値	[A]
g_f4_fluctuation_limit	float32	速度変動幅リミット値	[rad/s]
g_f4_ref_id	float32	d 軸電流指令値	[A]
st_ics_input_buff	MTR_ICS_INPUT	ICS ユーザインタフェース用構造体	

3.4 センサレスベクトル制御ソフト構造体一覧

本制御プログラムで使用する構造体一覧を次に示します。

表 3-20 構造体一覧

	メンバ名	型	内容	備考
MTR_PI_CTRL	f4_err	float32	偏差	
	f4_kp	float32	PI 制御比例項ゲイン	
	f4_ki	float32	PI 制御積分項ゲイン	
	f4_refi	float32	PI 制御積分項出力値	
	f4_ilimit	float32	PI 制御積分項リミット値	
MTR_PARAMETER	f4_mtr_r	float32	抵抗	[Ω]
	f4_mtr_ld	float32	d 軸インダクタンス	[H]
	f4_mtr_lq	float32	q 軸インダクタンス	[H]
	f4_mtr_m	float32	磁束	[Wb]
	f4_mtr_t	float32	制御周期	[s]
	f4_mtr_t_ld	float32	f4_mtr_t / f4_mtr_ld	[s/H]
	f4_mtr_t_lq	float32	f4_mtr_t / f4_mtr_lq	[s/H]
	f4_mtr_t_m	float32	f4_mtr_t / f4_mtr_m	[s/Wb]
MTR_ICS_INPUT	s2_ref_speed	int16	速度指令値	機械角 [rpm]
	s2_direction	int16	回転方向	0：CW 1：CCW
	f4_kp_speed	float32	速度 PI 制御比例項ゲイン	
	f4_ki_speed	float32	速度 PI 制御積分項ゲイン	
	f4_kp_id	float32	d 軸電流 PI 制御比例項ゲイン	
	f4_ki_id	float32	d 軸電流 PI 制御積分項ゲイン	
	f4_kp_iq	float32	q 軸電流 PI 制御比例項ゲイン	
	f4_ki_iq	float32	q 軸電流 PI 制御積分項ゲイン	
	f4_k_emf	float32	速度起電力推定ゲイン	
	f4_k_theta	float32	位置推定ゲイン	
	f4_speed_lpf_k	float32	速度 LPF パラメータ	
	f4_current_lpf_k	float32	電流 LPF パラメータ	
	f4_mtr_r	float32	抵抗	[Ω]
	f4_mtr_ld	float32	d 軸インダクタンス	[H]
	f4_mtr_lq	float32	q 軸インダクタンス	[H]
	f4_mtr_m	float32	磁束	[Wb]
	f4_offset_lpf_k	float32	電流オフセット値 LPF パラメータ	
	s2_max_speed	int16	速度最大値	機械角 [rpm]
	s2_id_down_speed_rpm	int16	d 軸電流指令値減算開始速度	機械角 [rpm]
	s2_id_up_speed_rpm	int16	d 軸電流指令値加算開始速度	機械角 [rpm]
	f4_ref_id	float32	d 軸電流指令値	[A]
	f4_id_up_time	float32	指令 d 軸電流加算時間	[ms]
	f4_id_down_time	float32	指令 d 軸電流減算時間	[ms]
	f4_limit_speed_change	float32	速度指令最大増減幅	[rad/s]
	f4_fluctuation_limit	float32	速度変動幅リミット値	[rad/s]
	f4_offset_calc_time	float32	電流オフセット値計算時間	設定値×100μ[s]

3.5 センサレスベクトル制御ソフトマクロ定義

本制御プログラムで使用するマクロ定義一覧を次に示します。

表 3-21 “motor_parameter.h”マクロ定義一覧

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
motor_parameter.h	MP_POLE_PAIRS	2	極対数
	MP_MAGNETIC_FLUX	0.02159f	磁束 [Wb]
	MP_RESISTANCE	6.447f	抵抗 [Ω]
	MP_D_INDUCTANCE	0.0045f	d 軸インダクタンス [H]
	MP_Q_INDUCTANCE	0.0045f	q 軸インダクタンス [H]

表 3-22 “control_parameter.h”マクロ定義一覧

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
control_parameter.h	CP_ID_PI_KP	2.0f	d 軸電流 PI 制御比例項ゲイン
	CP_ID_PI_KI	0.4f	d 軸電流 PI 制御積分項ゲイン
	CP_IQ_PI_KP	2.0f	q 軸電流 PI 制御比例項ゲイン
	CP_IQ_PI_KI	0.4f	q 軸電流 PI 制御積分項ゲイン
	CP_SPEED_PI_KP	0.002f	速度 PI 制御比例項ゲイン
	CP_SPEED_PI_KI	0.0002f	速度 PI 制御積分項ゲイン
	CP_EMF_EST_K	1.0f	速度起電力推定ゲイン
	CP_THETA_EST_K	0.1f	位置推定ゲイン
	CP_SPEED_LPF_K	0.0314f	速度 LPF パラメータ
	CP_CURRENT_LPF_K	1.0f	電流 LPF パラメータ
	CP_OFFSET_LPF_K	0.1f	電流オフセット値 LPF パラメータ
	CP_MAX_SPEED_RPM	2650	最大速度(機械角) [rpm]
	CP_ID_DOWN_SPEED_RPM	600	d 軸電流指令値減算開始速度 (機械角)[rpm]
	CP_ID_UP_SPEED_RPM	350	d 軸電流指令値加算開始速度 (機械角)[rpm]
	CP_REF_ID	0.2f	d 軸電流指令値[A]
	CP_ID_UP_TIME	128.0f	d 軸電流指令値加算時間[ms]
	CP_ID_DOWN_TIME	128.0f	d 軸電流指令値減算時間[ms]
	CP_LIMIT_SPEED_CHANGE_MODE0	0.2f	モード 0 における速度指令最大増減幅 [rad/s]
	CP_LIMIT_SPEED_CHANGE_MODE1	0.2f	モード 1 における速度指令最大増減幅 [rad/s]
	CP_FLUCTUATION_LIMIT	100.0f	速度変動幅リミット値[rad/s]
	CP_OFFSET_CALC_TIME	256.0f	電流オフセット値計算時間[ms]

表 3-23 “main.h”マクロ定義一覧

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
main.h	ICS_UI	0	ICS ユーザインタフェース使用
	BOARD_UI	1	ボードユーザインタフェース使用
	MAX_SPEED	CP_MAX_SPEED_RPM	回転速度指令最大値(機械角) [rpm]
	MIN_SPEED	CP_ID_DOWN_SPEED_RPM	回転速度指令最小値(機械角) [rpm]
	ID_PI_KP	CP_ID_PI_KP	d 軸電流 PI 制御比例項ゲイン
	ID_PI_KI	CP_ID_PI_KI	d 軸電流 PI 制御積分項ゲイン
	IQ_PI_KP	CP_IQ_PI_KP	q 軸電流 PI 制御比例項ゲイン
	IQ_PI_KI	CP_IQ_PI_KI	q 軸電流 PI 制御積分項ゲイン
	SPEED_PI_KP	CP_SPEED_PI_KP	速度 PI 制御比例項ゲイン
	SPEED_PI_KI	CP_SPEED_PI_KI	速度 PI 制御積分項ゲイン
	EMF_EST_K	CP_EMF_EST_K	速度起電力推定ゲイン
	THETA_EST_K	CP_THETA_EST_K	位置推定ゲイン
	SPEED_LPF_K	CP_SPEED_LPF_K	速度 LPF パラメータ
	CURRENT_LPF_K	CP_CURRENT_LPF_K	電流 LPF パラメータ
	MAGNETIC_FLUX	MP_MAGNETIC_FLUX	磁束 [Wb]
	RESISTANCE	MP_RESISTANCE	抵抗 [Ω]
	D_INDUCTANCE	MP_D_INDUCTANCE	d 軸インダクタンス [H]
	Q_INDUCTANCE	MP_Q_INDUCTANCE	q 軸インダクタンス [H]
	OFFSET_LPF_K	CP_OFFSET_LPF_K	電流オフセット値 LPF パラメータ
	ID_UP_SPEED_RPM	CP_ID_UP_SPEED_RPM	d 軸電流指令値減算速度(機械角)[rpm]
	REF_ID	CP_REF_ID	d 軸電流指令値[A]
	ID_UP_TIME	CP_ID_UP_TIME	d 軸電流指令値加算時間[ms]
	ID_DOWN_TIME	CP_ID_DOWN_TIME	d 軸電流指令値減算時間[ms]
	LIMIT_SPEED_CHANGE_MODE0	CP_LIMIT_SPEED_CHANGE_MODE0	モード 0 における速度指令最大増減幅[rad/s]
	LIMIT_SPEED_CHANGE_MODE1	CP_LIMIT_SPEED_CHANGE_MODE1	モード 1 における速度指令最大増減幅[rad/s]
	FLUCTUATION_LIMIT	CP_FLUCTUATION_LIMIT	速度変動幅リミット値[rad/s]
	OFFSET_CALC_TIME	CP_OFFSET_CALC_TIME	電流オフセット値計算時間[ms]
	SW_ON	0	“Low”アクティブ
	SW_OFF	1	
	CHATTERING_CNT	10	チャタリング除去
	VR1_SCALING	(MAX_SPEED + 50) / 2048.0f	回転速度指令値作成用定数
	ADJUST_OFFSET	0x7FF	
	POLE_PAIRS	MP_POLE_PAIRS	極対数
	M_CW	0	回転方向
	M_CCW	1	
	ICS_INT_LEVEL	6	ICS 用割り込み優先レベル
	ICS_BRR	4	ICS 用ビットレートレジスタ選択
	ICS_INT_MODE	1	ICS 用転送モード設定

表 3-24 “mtr_ctrl_rx23t_rssk2lv.h”マクロ定義一覧

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_ctrl_rx23t_rssk2lv.h	MTR_PWM_TIMER_FREQ	40.0f	PWM タイマカウント周波数 [MHz]
	MTR_CARRIER_FREQ	20.0f	キャリア周波数 [kHz]
	MTR_DEADTIME	2	デッドタイム[μs]
	MTR_DEADTIME_SET	(uint16)(MTR_DEADTIME * MTR_PWM_TIMER_FREQ)	デッドタイム設定値
	MTR_AD_FREQ	40.0f	A/D コンバータ動作周波数 [MHz]
	MTR_AD_SAMPLING_CYCLE	47.0f	A/D 変換サイクル数
	MTR_AD_SAMPLING_TIME	MTR_AD_SAMPLING_CYCLE / MTR_AD_FREQ	A/D サンプリング時間[μs]
	MTR_AD_TIME_SET	(uint16)(MTR_PWM_TIMER_FREQ * MTR_AD_SAMPLING_TIME)	A/D サンプリング時間カウント値
	MTR_CARRIER_SET	(uint16)((MTR_PWM_TIMER_FREQ * 1000 / MTR_CARRIER_FREQ / 2)+ MTR_DEADTIME_SET)	キャリア設定値
	MTR_HALF_CARRIER_SET	(uint16)(MTR_CARRIER_SET / 2)	キャリア設定値(中間値)
	MTR_PORT_UP	PORT7.PODR.BIT.B1	U 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_UN	PORT7.PODR.BIT.B4	U 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_VP	PORT7.PODR.BIT.B2	V 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_VN	PORT7.PODR.BIT.B5	V 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_WP	PORT7.PODR.BIT.B3	W 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_WN	PORT7.PODR.BIT.B6	W 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_SW1	PORT9.PIDR.BIT.B1	SW1 入力ポート
	MTR_PORT_SW2	PORT9.PIDR.BIT.B2	SW2 入力ポート
	MTR_PORT_LED1	PORT0.PODR.BIT.B0	LED1 出力ポート
	MTR_PORT_LED2	PORT0.PODR.BIT.B1	LED2 出力ポート
	MTR_PORT_LED3	PORT3.PODR.BIT.B1	LED3 出力ポート
	MTR_LED_ON	0	“Low”アクティブ
	MTR_LED_OFF	1	
	MTR_INPUT_V	24	電源電圧[V]
	MTR_MCU_ON_V	MTR_INPUT_V*0.8f	MCU 起動電圧[V]
	MTR_HALF_VDC	MTR_INPUT_V/2.0f	電源電圧/2 [V]
	MTR_ADC_OFFSET	0x7FF	A/D コンバータオフセット調整用定数
	MTR_CURRENT_SCALING	20.0f/4095.0f	電流 A/D 変換値分解能
	MTR_VDC_SCALING	111.0f/4095.0f	インバータ母線電圧 A/D 変換値分解能
	MTR_OVERCURRENT_LIMIT	1.0f	電流リミット値 [A]
	MTR_OVERVOLTAGE_LIMIT	28	高電圧リミット値 [V]
	MTR_UNDERVOLTAGE_LIMIT	14	低電圧リミット値 [V]

表 3-25 “mtr_spm_less_foc.h ”マクロ定義一覧 [1/3]

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_spm_less_foc.h	MTR_INT_DECIMATION	1	割り込み間引き回数
	MTR_CTRL_PERIOD	(MTR_INT_DECIMATION + 1)/ (MTR_CARRIER_FREQ*1000)	制御周期 [s]
	MTR_CONTROL_FREQ	(MTR_CARRIER_FREQ*1000)/ (MTR_INT_DECIMATI ON + 1)	制御周波数 [Hz]
	MTR_M	MP_MAGNETIC_FLUX	磁束 [Wb]
	MTR_R	MP_RESISTANCE	抵抗 [Ω]
	MTR_LD	MP_D_INDUCTANCE	d 軸インダクタンス [H]
	MTR_LQ	MP_Q_INDUCTANCE	q 軸インダクタンス [H]
	MTR_T_LD	MTR_CTRL_PERIOD/MTR_LD	制御周期/d 軸インダクタンス [s/H]
	MTR_T_LQ	MTR_CTRL_PERIOD/MTR_LQ	制御周期/q 軸インダクタンス [s/H]
	MTR_T_M	MTR_CTRL_PERIOD/MTR_M	制御周期/磁束[s/Wb]
	MTR_POLE_PAIRS	MP_POLE_PAIRS	極対数
	MTR_TWOPI	2*3.14159265f	2π
	MTR_PI_2	3.14159265f/2	π/2
	MTR_TWOPI_3	MTR_TWOPI/3	2π/3
	MTR_SQRT_2	1.41421356f	√2
	MTR_SQRT_3	1.7320508f	√3
	MTR_SQRT_2_3	0.81649658f	√(2/3)
	MTR_RPM_RAD	(MTR_POLE_PAIRS *MTR_TWOPI)/60	pole pairs *2π/60
	MTR_SPEED_LIMIT_RPM	3000	速度リミット値(機械角) [rpm]
	MTR_SPEED_LIMIT_RAD	MTR_SPEED_LIMIT_RPM*MTR_ RPM_RAD	速度リミット値(電気角) [rad/s]
	MTR_ID_PI_KP	CP_ID_PI_KP	d 軸電流 PI 制御比例項ゲイン
	MTR_ID_PI_KI	CP_ID_PI_KI	d 軸電流 PI 制御積分項ゲイン
	MTR_IQ_PI_KP	CP_IQ_PI_KP	q 軸電流 PI 制御比例項ゲイン
	MTR_IQ_PI_KI	CP_IQ_PI_KI	q 軸電流 PI 制御積分項ゲイン
	MTR_SPEED_PI_KP	CP_SPEED_PI_KP	速度 PI 制御比例項ゲイン
	MTR_SPEED_PI_KI	CP_SPEED_PI_KI	速度 PI 制御積分項ゲイン
	MTR_EMF_EST_K	CP_EMF_EST_K	速度起電力推定ゲイン
	MTR_THETA_EST_K	CP_THETA_EST_K	位置推定ゲイン
	MTR_SPEED_LPF_K	CP_SPEED_LPF_K	速度 LPF パラメータ
	MTR_CURRENT_LPF_K	CP_CURRENT_LPF_K	電流 LPF パラメータ
	MTR_OFFSET_LPF_K	CP_OFFSET_LPF_K	電流オフセット値 LPF パラメータ
	MTR_LIMIT_IQ	0.7f	速度 PI 制御出力リミット値[A]
	MTR_I_LIMIT_IQ	0.7f	速度 PI 制御積分項リミット値[A]
	MTR_I_LIMIT_VD	12.0f	d 軸電流 PI 制御積分項リミット値 [V]
	MTR_I_LIMIT_VQ	12.0f	q 軸電流 PI 制御積分項リミット値[V]

表 3-26 “mtr_spm_less_foc.h”マクロ定義一覧 [2/3]

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_spm_less_foc.h	MTR_MAX_SPEED_RPM	CP_MAX_SPEED_RPM	最大速度(機械角) [rpm]
	MTR_MAX_SPEED_RAD	MTR_MAX_SPEED_RPM *MTR_RPM_RAD	最大速度(電気角) [rad/s]
	MTR_ID_DOWN_SPEED_RPM	CP_ID_DOWN_SPEED_RPM	d 軸電流指令値減算開始速度(機械角)[rpm]
	MTR_ID_DOWN_SPEED_RAD	MTR_ID_DOWN_SPEED_RPM *MTR_RPM_RAD	d 軸電流指令値減算開始速度(電気角) [rad/s]
	MTR_ID_UP_SPEED_RPM	CP_ID_UP_SPEED_RPM	d 軸電流指令値加算開始速度(機械角)[rpm]
	MTR_ID_UP_SPEED_RAD	MTR_ID_UP_SPEED_RPM *MTR_RPM_RAD	d 軸電流指令値加算開始速度(電気角) [rad/s]
	MTR_REF_ID	CP_REF_ID	d 軸電流指令値[A]
	MTR_ID_UP_TIME	CP_ID_UP_TIME	d 軸電流指令値加算時間[ms]
	MTR_ID_UP_STEP	MTR_REF_ID / MTR_ID_UP_TIME	d 軸電流指令加算値[A]
	MTR_ID_DOWN_TIME	CP_ID_DOWN_TIME	d 軸電流指令値減算時間[ms]
	MTR_ID_DOWN_STEP	MTR_REF_ID / MTR_ID_DOWN_TIME	d 軸電流指令減算値[A]
	MTR_LIMIT_SPEED_CHANGE_MODE0	CP_LIMIT_SPEED_CHANGE_MODE0	モード 0 における速度指令最大増減幅[rad/s]
	MTR_LIMIT_SPEED_CHANGE_MODE1	CP_LIMIT_SPEED_CHANGE_MODE1	モード 0 における速度指令最大増減幅[rad/s]
	MTR_FLUCTUATION_LIMIT	CP_FLUCTUATION_LIMIT	速度変動幅リミット値[rad/s]
	MTR_OFFSET_CALC_TIME	CP_OFFSET_CALC_TIME	電流オフセット値計算時間[ms]
	MTR_EVERY_TIME	0	毎回実施(電流オフセット算出時に使用)
	MTR_ONE_TIME	1	1 回実施(電流オフセット算出時に使用)
	MTR_CW	0	回転方向
	MTR_CCW	1	
	MTR_FLG_CLR	0	フラグ管理
	MTR_FLG_SET	1	

表 3-27 “mtr_spm_less_foc.h”マクロ定義一覧 [3/3]

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_spm_less_foc.h	MTR_ICS_DECIMATION	3	ICS データ転送関数呼び出し間引き回数
	MTR_ID_UP	0	d 軸電流増加
	MTR_ID_CONST	1	d 軸電流一定
	MTR_ID_DOWN	2	d 軸電流減少
	MTR_ID_ZERO_CONST	3	d 軸電流 0
	MTR_IQ_ZERO_CONST	0	q 軸電流 0
	MTR_IQ_SPEED_PI_OUTPUT	1	速度 PI 出力
	MTR_SPEED_ZERO_CONST	0	速度 0
	MTR_SPEED_CHANGE	1	速度可変
	MTR_MODE_INACTIVE	0x00	非アクティブモード
	MTR_MODE_ACTIVE	0x01	アクティブモード
	MTR_MODE_ERROR	0x02	エラーモード
	MTR_SIZE_STATE	3	定義済み状態数
	MTR_EVENT_INACTIVE	0x00	非アクティブイベント
	MTR_EVENT_ACTIVE	0x01	アクティブイベント
	MTR_EVENT_ERROR	0x02	エラーイベント
	MTR_EVENT_RESET	0x03	イベントリセット
	MTR_SIZE_EVENT	4	定義済みイベント数
	MTR_MODE_INIT	0x00	イニットモード
	MTR_MODE_BOOT	0x01	ブートモード
	MTR_MODE_DRIVE	0x02	ドライブモード
	MTR_MODE_ANALYSIS	0x03	アナリシスモード
	MTR_MODE_TUNE	0x04	チューンモード
	MTR_SENSOR_LESS	0x01	センサレス
	MTR_SENSOR_HALL	0x02	ホールセンサ
	MTR_SENSOR_ENCD	0x04	エンコーダ
	MTR_SENSOR_RESO	0x08	レゾルバ
	MTR_METHOD_FOC	0x00	ベクトル制御
	MTR_METHOD_180	0x01	180 度通電制御
	MTR_METHOD_WIDE	0x02	広角通電制御
	MTR_METHOD_120	0x03	120 度通電制御
	MTR_CONTROL_CURRENT	0x01	電流制御
	MTR_CONTROL_SPEED	0x02	速度制御
	MTR_CONTROL_POSITION	0x04	位置制御
	MTR_CONTROL_TORQUE	0x08	トルク制御
	MTR_CONTROL_VOLTAGE	0x10	電圧制御
	MTR_ERROR_NONE	0x00	エラーなし
	MTR_ERROR_OVER_CURRENT	0x01	過電流エラー
	MTR_ERROR_OVER_VOLTAGE	0x02	過電圧エラー
	MTR_ERROR_OVER_SPEED	0x04	過速度エラー
	MTR_ERROR_HALL_TIMEOUT	0x08	ホールタイムアウトエラー
	MTR_ERROR_BEMF_TIMEOUT	0x10	誘起電圧タイムアウトエラー
	MTR_ERROR_HALL_PATTERN	0x20	ホールパターンエラー
	MTR_ERROR_BEMF_PATTERN	0x40	誘起電圧パターンエラー
	MTR_ERROR_UNDER_VOLTAGE	0x80	低電圧エラー
	MTR_ERROR_UNKNOWN	0xff	未定義エラー

3.6 制御フロー（フローチャート）

3.6.1 メイン処理

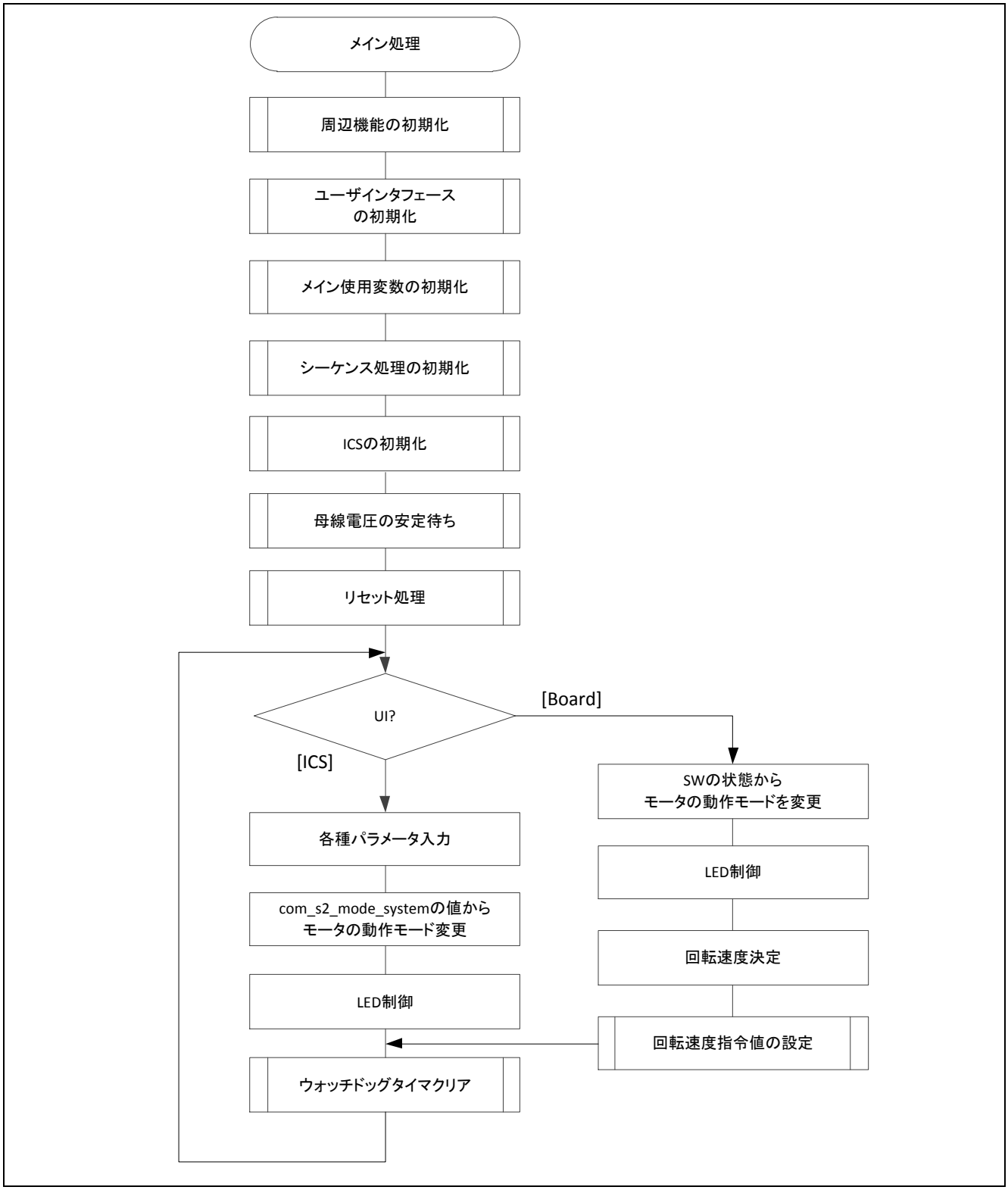


図 3-5 メイン処理フローチャート

3.6.2 キャリア同期割り込み処理(センサレスベクトル制御時)

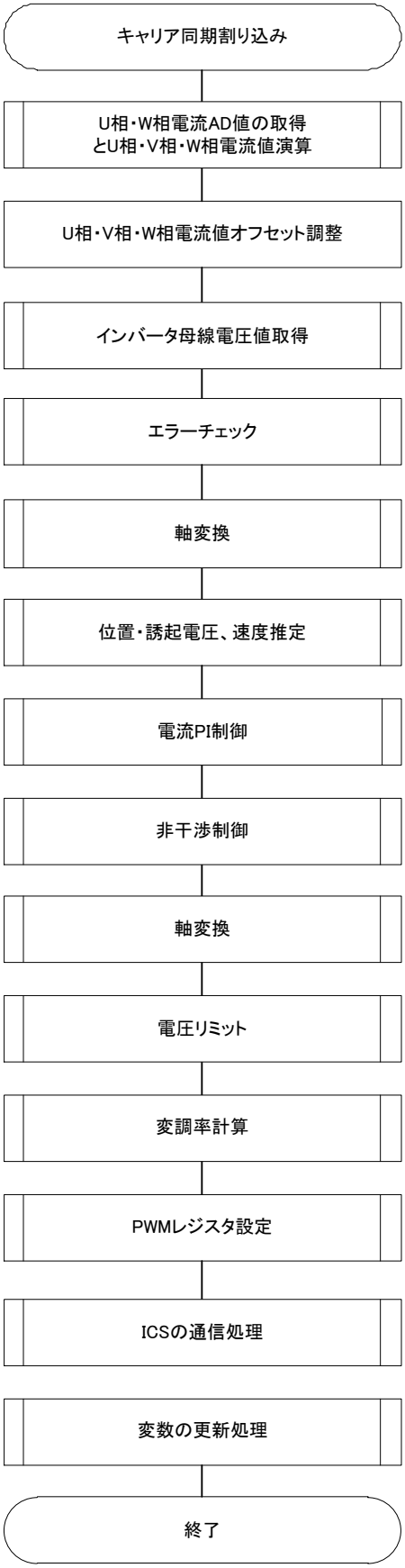


図 3-6 100 [μs]周期割り込み処理フローチャート(センサレスベクトル制御時)

3.6.3 1 [ms]割り込み処理

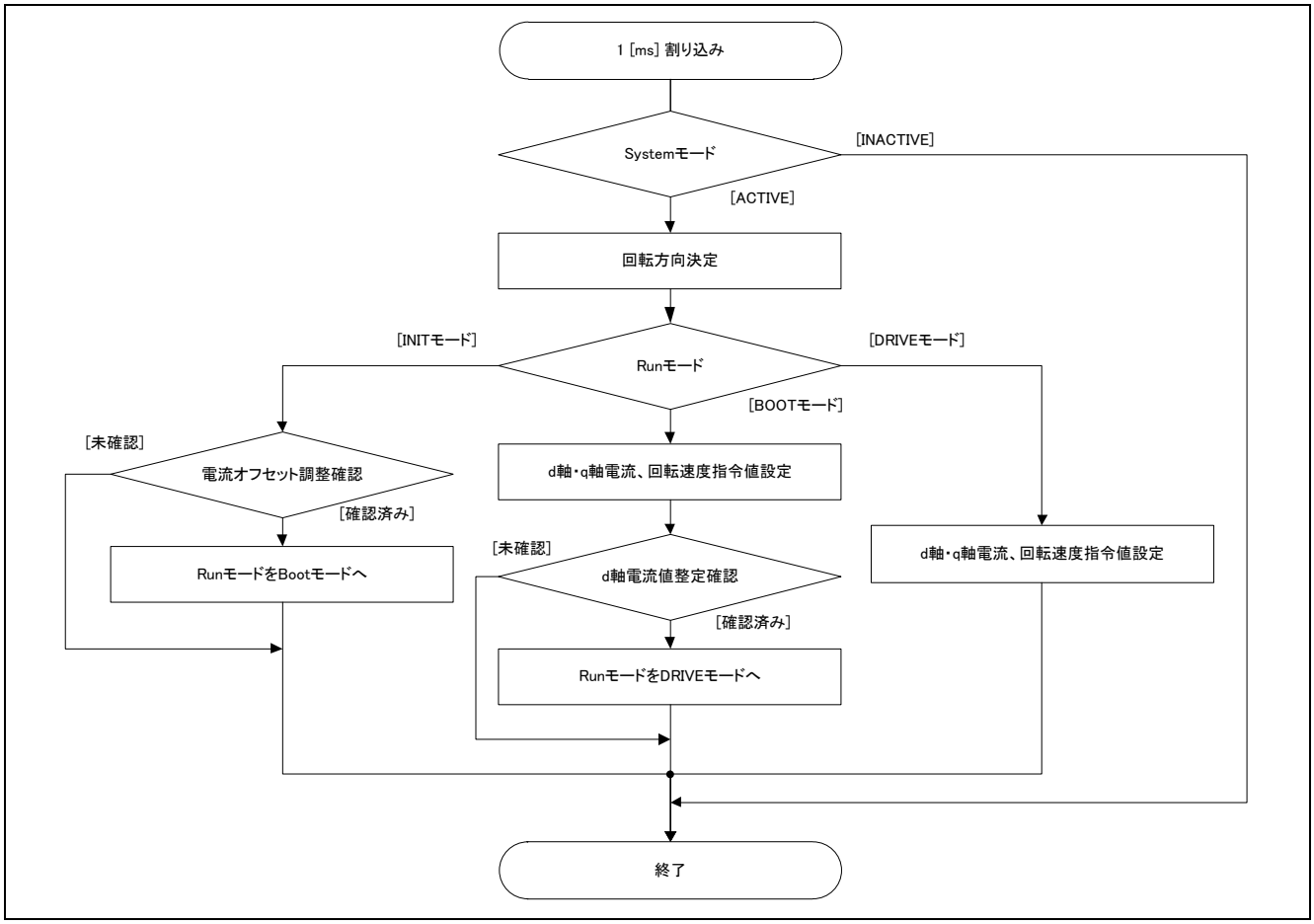


図 3-7 1 [ms]割り込み処理フローチャート

3.6.4 過電流検出割り込み処理

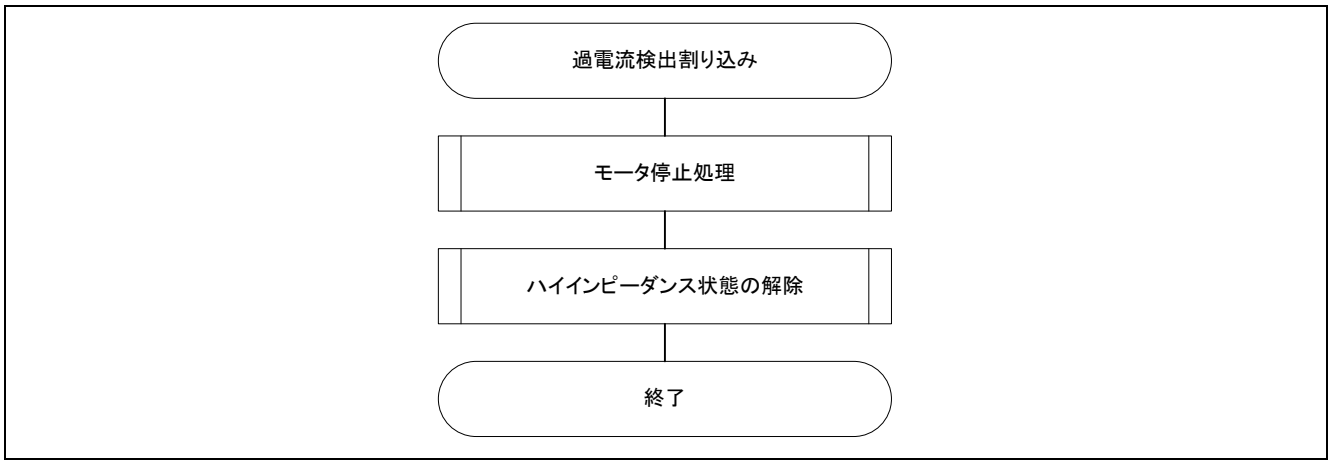


図 3-8 過電流検出割り込み処理フローチャート

4. 開発支援ツール「In Circuit Scope」

4.1 概要

本アプリケーションノート対象サンプルプログラムでは開発支援ツール「In Circuit Scope」(以降、ICS)によるユーザインタフェース(回転/停止指令、回転速度指令等)です。使用方法などの詳細は「In Circuit Scope 取扱説明書」及び「ICS を使用するための CubeSuite+の設定方法」を参照してください。

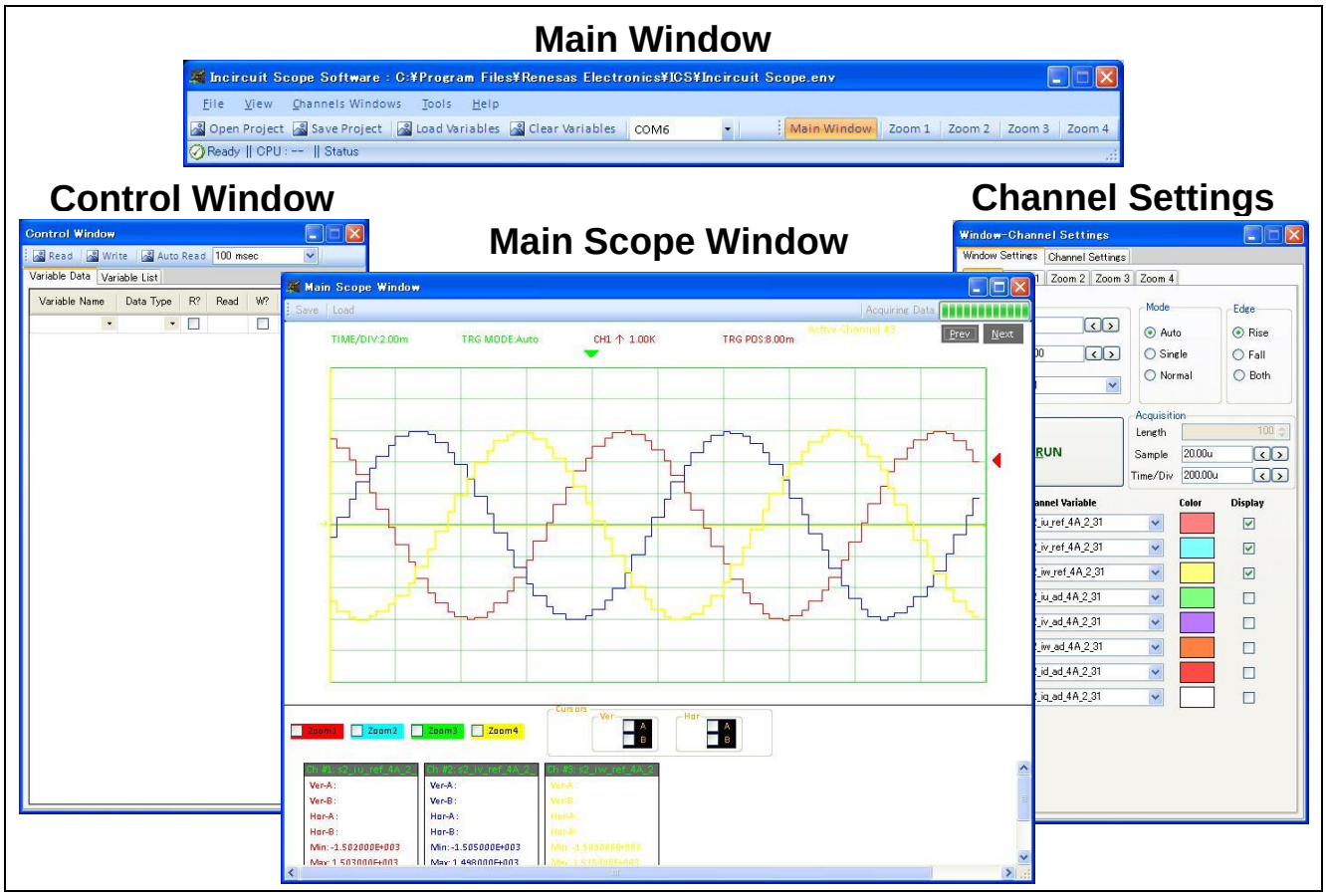

Main Window
Incircuit Scope Software : C:¥Program Files¥Renesas Electronics¥ICS¥Incircuit Scope.env
File View Channels Windows Tools Help
Open Project Save Project Load Variables Clear Variables COM6 Main Window Zoom 1 Zoom 2 Zoom 3 Zoom 4
Ready CPU : -- Status
Control Window
Main Scope Window
Channel Settings
Control Window
Read Write Auto Read 100 msec
Variable Data Variable List
Variable Name Data Type R? Read W?
Main Scope Window
Save Load
TIME/DIV:2.00m TRG MODE:Auto CH1 1.00K TRG POS:8.00m
Prev Next
Cursors
Window-Channel Settings
Window Settings Channel Settings
Mode Auto Single Normal
Edge Rise Fall Both
Acquisition
Length Sample Time/Div
RUN
Color Display

図 4-1 In Circuit Scope 外観

4.2 ICS 用変数一覧

ICS 用変数の一覧を表 4-1 に示します。この ICS 用変数を変更した時点では、モータ制御層変数には反映されません。モータ制御層の変数は、com_s2_enable_write に g_s2_enable_write と同じ値を書込んだタイミングで書き変わります。ただし、(*)が付けられた変数は com_s2_enable_write に依存しません。

表 4-1 ICS 用変数一覧

ICS 用変数名	型	内容	反映先変数 （モータ制御層変数）
com_s2_sw_userif (*)	int16	ユーザインタフェーススイッチ 0：ICS ユーザインタフェース使用 （デフォルト） 1：ボードユーザインタフェース使用	書き換えた時点で g_s2_sw_userif に反映
com_s2_mode_system(*)	int16	ステート管理 0：ストップモード 1：ランモード 3：リセット	書き換えた時点で g_s2_mode_system に反映
com_s2_direction	int16	回転方向 0：CW 1：CCW	g_u1_dir_buff
com_s2_ref_speed_rpm	int16	速度指令値 (機械角)［rpm］	g_s2_ref_speed
com_f4_kp_speed	float32	速度 PI 制御比例項ゲイン	g_f4_kp_speed
com_f4_ki_speed	float32	速度 PI 制御積分項ゲイン	g_f4_ki_speed
com_f4_kp_id	float32	d 軸電流 PI 制御比例項ゲイン	g_f4_kp_id
com_f4_ki_id	float32	d 軸電流 PI 制御積分項ゲイン	g_f4_ki_id
com_f4_kp_iq	float32	q 軸電流 PI 制御比例項ゲイン	g_f4_kp_iq
com_f4_ki_iq	float32	q 軸電流 PI 制御積分項ゲイン	g_f4_ki_iq
com_f4_k_emf	float32	速度起電力推定ゲイン	g_f4_k_emf
com_f4_k_theta	float32	位置推定ゲイン	g_f4_k_theta
com_f4_speed_lpf_k	float32	速度 LPF パラメータ	g_f4_speed_lpf_k
com_f4_current_lpf_k	float32	電流 LPF パラメータ	g_f4_current_lpf_k
com_f4_mtr_r	float32	抵抗[Ω]	st_motor
com_f4_mtr_ld	float32	d 軸インダクタンス[H]	st_motor
com_f4_mtr_lq	float32	q 軸インダクタンス[H]	st_motor
com_f4_mtr_m	float32	磁束[Wb]	st_motor
com_f4_offset_lpf_k	float32	電流オフセット値 LPF パラメータ	g_f4_offset_lpf_k
com_s2_max_speed_rpm	int16	速度最大値(機械角) [rpm]	g_s2_max_speed
com_s2_id_down_speed_rpm	int16	d 軸電流指令値減算開始速度(機械角) [rpm]	g_s2_id_down_speed_rpm
com_s2_id_up_speed_rpm	int16	d 軸電流指令値加算開始速度(機械角) [rpm]	g_s2_id_up_speed_rpm
com_f4_ref_id	float32	d 軸電流指令値[A]	g_f4_ref_id
com_f4_id_up_time	float32	d 軸電流指令値加算時間[ms]	g_f4_id_up_step
com_f4_id_down_time	float32	指令 d 軸電流減算時間[ms]	g_f4_id_down_step
com_f4_limit_speed_change	float32	速度指令最大増減幅[rad/s]	g_f4_ limit_speed_change
com_f4_fluctuation_limit	float32	速度変動幅リミット値[rad/s]	g_f4_fluctuation_limit
com_f4_offset_calc_time	float32	電流オフセット値計算時間[ms]	g_f4_offset_calc_time
com_s2_enable_write	int16	変数書き換え許可	

4.3 ICS 操作例

ICS を使用し、モータを操作する例を以下に示します。操作は、図 4-1 で示す”Control Window”で行います。”Control Window”の詳細は、「In Circuit Scope 取扱説明書」を参照して下さい。

- モータを回転させる
  ① “com_s2_mode_system”,“com_s2_ref_speed_rpm”, “com_s2_enable_write”の [W?] 欄に”チェック”が入っていることを確認する。
  ② 指令回転速度を“com_s2_ref_speed_rpm”の [Write] 欄に入力する。
  ③ “Write”ボタンを押す。
  ④ “Read”ボタンを押して現在の“com_s2_ref_speed_rpm”,”g_s2_enable_write”の [Read] 欄を確認する。
  ⑤ MCU 内の変数値へ反映させるため、“com_s2_enable_write” に④で確認した,”g_s2_enable_write”と同じ値を入力する。
  ⑥ “com_s2_mode_system”の [Write]欄に”1”を入力する。
  ⑦ “Write”ボタンを押す。

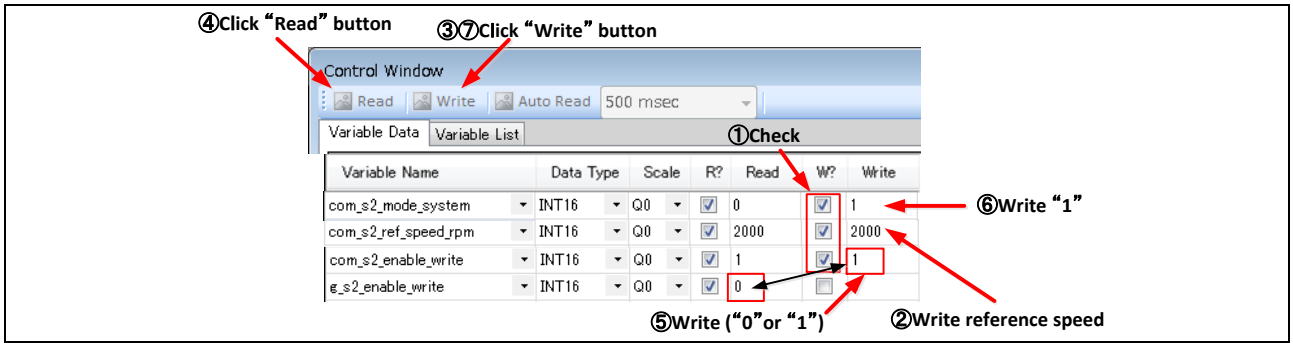


図 4-2 モータ回転の手順

- モータを停止させる
  ① “com_s2_mode_system”の[Write]欄に”0”を入力する。
  ② ”Write”ボタンを押す。

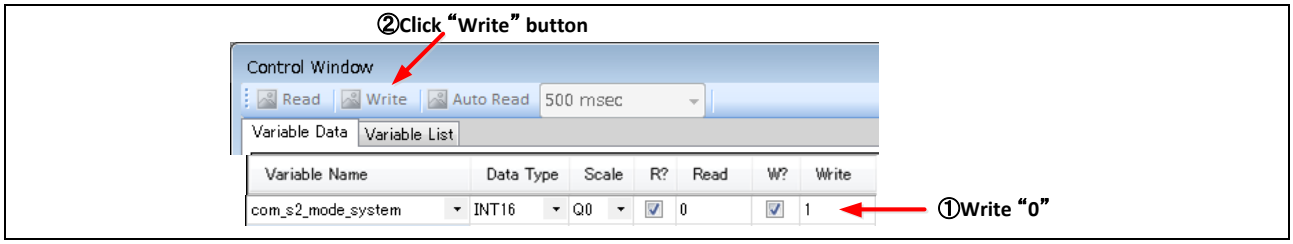


図 4-3 モータ停止の手順

- 止まってしまった（エラー）場合の処理
  ① “com_s2_mode_system”の[Write]欄に”3”を入力する。
  ② “Write”ボタンを押す。

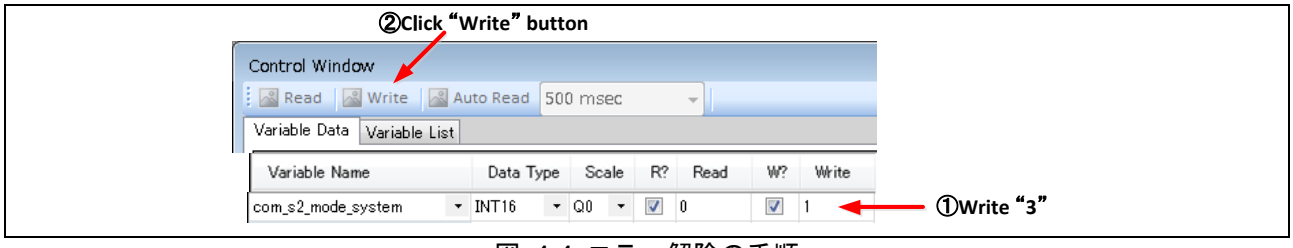


図 4-4 エラー解除の手順

ホームページとサポート窓口

ルネサス エレクトロニクスホームページ
http://japan.renesas.com/

お問合せ先
http://japan.renesas.com/contact/

すべての商標および登録商標は，それぞれの所有者に帰属します。

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2015.09.25	ー	新規発行

製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

1. 未使用端子の処理
   【注意】未使用端子は、本文の「未使用端子の処理」に従って処理してください。
   CMOS製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI周辺のノイズが印加され、LSI内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。未使用端子は、本文「未使用端子の処理」で説明する指示に従い処理してください。
2. 電源投入時の処置
   【注意】電源投入時は，製品の状態は不定です。
   電源投入時には、LSIの内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。
   外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。
   同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。
3. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止
   【注意】リザーブアドレス（予約領域）のアクセスを禁止します。
   アドレス領域には、将来の機能拡張用に割り付けられているリザーブアドレス（予約領域）があります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。
4. クロックについて
   【注意】リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。
   プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後に切り替えてください。
   リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子
   （または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。
5. 製品間の相違について
   【注意】型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。
   同じグループのマイコンでも型名が違うと、内部ROM、レイアウトパターンの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が違う製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器・システムの設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因して、お客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したものですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
3. 本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害に関し、当社は、何らの責任を負うものではありません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
4. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。かかる改造、改変、複製等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、
   各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。
   標準水準：　コンピュータ、OA機器、通信機器、計測機器、AV機器、
   家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等
   高品質水準：輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、
   防災・防犯装置、各種安全装置等
   当社製品は、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（原子力制御システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、使用することはできません。 たとえ、意図しない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。 なお、ご不明点がある場合は、当社営業にお問い合わせください。
6. 当社製品をご使用の際は、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他の保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
8. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制するRoHS指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
9. 本資料に記載されている当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。また、当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途に使用しないでください。当社製品または技術を輸出する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。
10. お客様の転売等により、本ご注意書き記載の諸条件に抵触して当社製品が使用され、その使用から損害が生じた場合、当社は何らの責任も負わず、お客様にてご負担して頂きますのでご了承ください。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。

注1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社がその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。
注2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注１において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

ルネサス エレクトロニクス株式会社

■営業お問合せ窓口　http://www.renesas.com

※営業お問合せ窓口の住所は変更になることがあります。最新情報につきましては、弊社ホームページをご覧ください。

ルネサス エレクトロニクス株式会社　〒135-0061　東京都江東区豊洲3-2-24（豊洲フォレシア）

■技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。
総合お問合せ窓口：http://japan.renesas.com/contact/

© 2015 Renesas Electronics Corporation. All rights reserved.
Colophon 4.0